

ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS: PROPOSTA E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENFOQUE CTSA EM AULAS DE QUÍMICA

ACIDIFICATION OF THE OCEANS: PROPOSAL AND ANALYSIS OF A TEACHING SEQUENCE WITH A STSE FOCUS IN CHEMISTRY CLASSES

Francinara da Silva Alves  

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

✉ francinaraufpb@gmail.com

Karoline Ferreira Barbosa  

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

✉ karolineferreirabarbosa@hotmail.com

Karen Cacilda Weber  

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

✉ karen@quimica.ufpb.br

Cláudio Gabriel Lima-Júnior  

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

✉ claudio@quimica.ufpb.br

RESUMO: A acidificação dos oceanos é uma grave ameaça para a vida marinha, que afeta diretamente os organismos calcificadores. Até o presente momento, há poucos relatos na literatura a respeito de trabalhos que tenham utilizado esta temática para o ensino de ciências. Neste artigo, apresentamos a análise das contribuições de uma sequência didática (SD) com enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), visando contextualizar conceitos relativos à química inorgânica, a partir das substâncias e reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos. Participaram da pesquisa 31 estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública localizada no município de João Pessoa-PB. Durante a aplicação da SD, os participantes vivenciaram momentos de leitura textual, debates, aulas experimentais e atividade lúdica. Como instrumentos de coleta de dados, dois questionários foram aplicados. Os resultados evidenciaram um maior envolvimento dos estudantes com a aprendizagem por meio da contextualização dos conteúdos dentro da temática de acidificação dos oceanos, promovendo um olhar ampliado para a questão da poluição causada pelos seres humanos e os malefícios que esta causa ao ambiente marinho e à sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Acidificação dos oceanos. CTSA. Ensino de Química.

ABSTRACT: Ocean acidification is a serious threat to marine life which directly affects calcifying organisms. To date, there are few reports in the literature about works that have used this theme for science teaching. In this article we present the analysis of the contributions of a didactic sequence (SD) with STSE (Science, Technology, Society & Environment) approach, aiming to contextualize concepts related to inorganic chemistry, from the substances and chemical reactions involved in the process of ocean acidification. Thirty-one students from the 1st year of high school from a public school located in the city of João Pessoa-PB participated in the research. During the application of the SD, the participants experienced moments of textual reading, debates, experimental classes and a playful activity. As data collection instruments, two questionnaires were applied. The results showed a greater involvement of students with learning by means of contextualization of content within the theme of ocean acidification, promoting a broader view of the issue of pollution caused by humans and the harm it causes to the marine environment and society.

KEY WORDS: Ocean acidification. STSE. Chemistry Teaching.

Introdução

Dentre os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) estabelecidos pela Cúpula das Nações Unidas, o décimo quarto trata da conservação e uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos. O sítio oficial dos ODS destaca o fato de que a sustentabilidade de nossos oceanos está sob severa ameaça devido a fatores como a poluição marinha, o aquecimento das águas oceânicas, o colapso das atividades pesqueiras, a eutrofização e a acidificação dos oceanos. Além disso, metade das áreas de biodiversidade marinha não são protegidas, enquanto as chamadas “zonas mortas”, que são regiões onde não há oxigênio suficiente na água para suportar a vida marinha, estão crescendo a taxas alarmantes (United Nations, 2021).

No âmbito do ensino de Ciências, e em particular, da Química, estamos presenciando nos últimos anos várias discussões em torno dos problemas socioambientais vivenciados pela sociedade, a exemplo do aquecimento global e do efeito estufa. Entretanto, além dos problemas ambientais que afetam os seres humanos, a flora e os animais terrestres, um assunto pouco discutido até o momento é a acidificação dos oceanos. Esta é causada principalmente pela poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, queimadas e indústrias, e vem trazendo sérios riscos de extinção de animais marinhos e, ainda, afetando a indústria pesqueira em algumas regiões do mundo (Erickson & Crews, 2019).

Os oceanos atuam como um grande tanque de armazenamento, absorvendo cerca de 23% das emissões anuais de CO₂ geradas pela atividade humana, ajudando assim a mitigar os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2019). No entanto, o CO₂ absorvido vem causando uma diminuição nos níveis de pH dos oceanos de cerca de 26 pontos percentuais desde o período pré-industrial, o que ameaça a vida dos recifes de corais e outras espécies importantes. Esta diminuição do pH dos oceanos tem efeitos negativos também sobre os serviços relacionados ao ecossistema marítimo, tais como pesca e aquicultura, transporte, turismo e proteção costeira (enfraquecendo os recifes de corais que protegem as linhas costeiras). Em contrapartida, quanto mais ácido o oceano se torna, menor sua capacidade de absorver CO₂ da atmosfera e assim, de minimizar os efeitos das mudanças climáticas (United Nations, 2020).

Aliar os conceitos ensinados em sala de aula com o dia a dia do aluno é um dos grandes desafios na busca por um ensino alinhado às expectativas dos documentos oficiais, a exemplo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que ressalta a importância de se valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual e no enfrentamento de questões sobre consumo, ambiente, saúde, entre outras (Brasil, 2018). Esta é uma preocupação que remete também às ideias freirianas, no sentido de que o ensino deva se basear na estreita relação entre a realidade e a vivência do aluno, e que a formação básica tem o objetivo de incentivar o pensamento crítico e cidadão do sujeito (Freire, 2002).

O ensino contextualizado é preconizado nos documentos curriculares oficiais mais recentes e mesmo em propostas curriculares anteriores, tendo surgido a partir da percepção de que a apresentação dos conteúdos de forma fragmentada e apartada de seus contextos históricos e sociais torna os currículos escolares inadequados à realidade do aluno, sem fazer pontes entre o que se aprende na escola e o que se vive e faz no dia a dia (Lopes, 2002; Kato & Kawasaki, 2011). Cabe ressaltar que, nesta abordagem do assim denominado ensino tradicional, o conhecimento é apresentado de forma pronta, como uma verdade acabada, sem que se apresente o contexto em que os conceitos científicos foram formulados, os problemas que os originaram e os possíveis conflitos de interesse envolvidos em sua produção (Kato & Kawasaki, 2011).

Tais preocupações se alinham aos direcionamentos, no campo educacional, que surgiram a partir do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), na década de setenta, que lançou um olhar mais crítico ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e de seus impactos sobre a

sociedade, bem como sobre a suposta neutralidade da ciência. Mais recentemente, na década de noventa, a preocupação com as questões ambientais e suas relações com a ciência, a tecnologia e a sociedade, fez com que os estudiosos passassem a acrescentar a dimensão ambiental à abordagem CTS, representando o acrônimo então como CTSA (Marcondes et al., 2009). Como resultado dos debates suscitados neste enfoque, passou-se a dar mais ênfase em formar cidadãos que sejam capazes de estabelecer um posicionamento e tomar decisões frente a situações que envolvam pessoas e meio ambiente. Dessa forma, a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) traz essa visão ao estudante, pois, nos dias atuais, temos muita informação que nem sempre se traduz em conhecimento mais aprofundado, esse sim útil para a promoção de mudanças de comportamentos (Santos & Mortimer, 2001; Santos, 2007).

Auler e Delizoicov (2006) chamam atenção para a aproximação entre pressupostos da pedagogia freiriana e o movimento CTS, uma vez que ambos buscam desenvolver uma compreensão crítica da realidade, considerando a dimensão ética e a problematização de construções históricas sobre a atividade científica-tecnológica, visando a participação daqueles que se encontram imersos na "cultura do silêncio" (Freire, 1987), numa perspectiva de transformação da sociedade. Nascimento e von Linsingen (2006) apontam três principais pontos de convergência entre a matriz teórica de Freire e o enfoque CTS: (i) a abordagem temática, (ii) a perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico e (iii) o papel do professor na formação de cidadãos.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta a análise das contribuições referentes a aplicação e avaliação de uma sequência didática (SD) planejada visando a contextualizar conceitos relativos à química inorgânica, a partir das substâncias e reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos. A proposta da SD apresentada neste trabalho se caracteriza como uma abordagem CTSA na medida em que parte de um tema de importância ambiental, que explora os efeitos do progresso tecnológico sobre o ambiente e a sociedade (produção industrial de CO₂ e seus impactos na acidificação dos oceanos e, conseqüentemente, na vida marinha, na atividade pesqueira e no turismo), para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, no âmbito de uma disciplina, tal como categorizado por Santos e Mortimer (2002).

O tema escolhido pode ser associado aos temas abordados nas primeiras propostas de cursos de CTS, tais como recursos hídricos, terra, água e recursos minerais, qualidade do ar e atmosfera (Santos & Mortimer, 2002; Bybee, 1987). Tal tema pode suscitar, ainda, discussões sobre interesses econômicos, aspectos políticos, medidas necessárias para reduzir as emissões globais de CO₂ e o papel dos cidadãos na escolha de governantes sensíveis à causa ambiental, estimulando a participação democrática por meio da expressão das opiniões dos estudantes (Ramsey, 1993). Dessa forma, como objetivos de aprendizagem alinhados ao enfoque CTSA, além da aquisição do conhecimento científico, a proposta aplicada visou o desenvolvimento de valores e o interesse por questões ambientais. O foco da análise dos resultados foi concentrado na aprendizagem dos conteúdos, na sensibilização dos estudantes e no desenvolvimento de sua capacidade crítica, por meio de indícios coletados nos questionários analisados.

Referencial Teórico

Acidificação dos Oceanos

Desde o início da revolução industrial, a concentração de CO₂ atmosférico vem aumentando. Nos dias atuais, essa concentração aumentou para uma média mensal aproximada de 419 ppm, segundo dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2021). Este aumento na concentração de CO₂, causado primariamente pela queima de combustíveis fósseis e chaminés de indústrias, é apontado como o principal responsável pelo acréscimo da

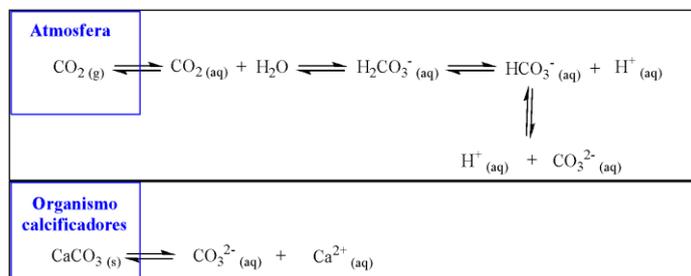
temperatura global e vem sendo relacionado aos impactos ambientais associados às mudanças climáticas, como o efeito estufa e o aquecimento global (Widdicombe & Needham, 2007).

O oceano tem absorvido mais de dois trilhões de toneladas de CO_2 antrópico, aumentando assim, a concentração de íons H^+ na água do mar, diminuindo o pH e as concentrações de íons carbonato (CO_3^{2-}), presentes nas conchas, corais, etc. Esse processo é conhecido como acidificação dos oceanos, sendo caracterizado pela diminuição do pH ao longo de décadas ou até mesmo séculos, causando grande influência negativa nos organismos marinhos e nos ciclos biogeoquímicos (Xue et al., 2021).

Segundo a UNESCO (2017), atualmente mais de 26% do CO_2 emitido pela atividade humana é absorvido pelos oceanos, resultando em elevado aumento na acidez, pois, o CO_2 ao entrar em contato com a água do mar, ocasiona a formação de ácido carbônico nas camadas superficiais dos oceanos, que por sua vez, libera íons hidrogênio (H^+) e íons bicarbonato (HCO_3^-). Na sequência os íons HCO_3^- se dissociam em H^+ e em menor quantidade produzem íons carbonato (CO_3^{2-}), essas reações químicas levam ao aumento de H^+ e consecutivamente a acidificação dos oceanos (ver Figura 1).

Esse aumento da acidez causa diversos efeitos sobre o ecossistema marinho, ocorre a diminuição da concentração de íons carbonato (CO_3^{2-}), uma vez que os organismos calcificadores possuem em sua estrutura carbonato de cálcio (CaCO_3), que se dissociam em íons carbonato e íons cálcio (ver Figura 1). Essa reação coloca em risco a extinção de fitoplâncton, zooplâncton e moluscos (organismos calcificadores), pois dificulta sua capacidade de formar conchas, sendo esses organismos a base de muitas cadeias alimentares na vida marinha, impactando assim, todo o ecossistema marinho.

Figura 1: Demonstração do equilíbrio químico do sistema carbonato/dióxido de carbono na água do mar



Fonte: Os autores (2022).

Se a emissão de CO_2 continuar a aumentar, conseqüentemente ocasionando a diminuição do pH das águas superficiais, dentro de poucas décadas a água do mar não sustentará mais o desenvolvimento de ecossistemas coralinos e de outros organismos que produzam estruturas calcárias, como conchas, mexilhões e algas calcárias. Estes organismos serão tão prejudicados pela acidificação dos oceanos que, em algumas regiões e sob determinadas condições, a vida nos oceanos ficará impossibilitada para certos organismos. A destruição de recifes afeta diretamente a biodiversidade marinha, o turismo e a produção pesqueira, já que estes ecossistemas funcionam como zona berçário para muitas espécies de interesse comercial (Hatje et al., 2013).

O aumento da acidificação, junto com o aumento da temperatura dos oceanos, diminui a capacidade de absorção do CO_2 em excesso, o que cria um círculo vicioso de aumento da temperatura e aumento dos efeitos de aquecimento da atmosfera. A observação contínua e a medição da acidificação do oceano ao longo da costa e no oceano aberto são necessárias para melhorar a compreensão de suas conseqüências, permitindo a modelagem e a previsão de

mudança e variabilidade, para auxiliar no planejamento de estratégias de mitigação e adaptação baseadas em evidências (United Nations, 2020).

Até o presente momento, há poucos relatos na literatura a respeito de trabalhos que tenham utilizado esta temática para o ensino de ciências. Usando como termo de busca “acidificação dos oceanos” na plataforma Google acadêmico, restringindo a ocorrência no título, foram encontrados dezoito resultados, dos quais apenas dois trabalhos relacionados a ensino de ciências ou química, conforme análise do título e resumo: o trabalho de Silva et al. (2017), que abordou experimentos para a determinação da alcalinidade total, pH e salinidade em águas marinhas, e o de Oka et al. (2019), que trabalhou os conceitos de acidez e basicidade de soluções utilizando um indicador natural, servindo de base para a discussão da temática ambiental. Já em língua inglesa, buscando por “ocean acidification”, usando o refinamento com no mínimo a palavra “teaching” a fim de filtrar o grande número de ocorrências, foram encontrados o artigo de Erickson & Crews (2019), que abordou o conceito de soluções, e os de Thompson, Schnetzer & Kinzel (2018), que apresentou uma abordagem interdisciplinar tratando de conceitos de pH, concentrações de CO₂ e efeitos nos organismos marinhos, e Bradassi, Cumani & Bressan (2010), trazendo um experimento sobre crescimento de algas em diferentes condições de acidez, estes últimos publicados em anais de eventos.

Analisando o resumo dos trabalhos em língua portuguesa e inglesa, foi possível notar que todos têm como ponto em comum o uso de atividades experimentais como estratégia para a discussão desta temática em sala de aula. Embora os trabalhos tenham em comum com nossa proposta a abordagem contextualizada de conteúdos conceituais de ciências utilizando a temática da acidificação dos oceanos, nenhum deles aborda explicitamente os conteúdos de química inorgânica como propomos em nossa SD.

O Ensino de Funções Inorgânicas sob o Olhar da Abordagem CTSA

Nas discussões em torno do ensino de química são comuns os relatos sobre a forma como os estudantes consideram esta disciplina enfadonha, abstrata, difícil, desconectada da realidade, entre tantos outros termos que aparecem nos mais diversos estudos da área. Campos e Silva (1999) afirmam que o tópico de funções da química inorgânica “*contribui como poucos para que os estudantes venham considerar a química matéria enfadonha, incompreensível e cujo estudo requer exaustivos exercícios de memorização*”. Naturalmente, trata-se de um exemplo clássico de um tópico que envolve um grande número de regras, nomenclaturas e classificações, que deixam uma marca importante na memória dos estudantes sobre as aulas de química.

Outro aspecto relacionado a este tópico, destacado por Silva e colaboradores (2014), é o fato de que, da forma como é apresentado tradicionalmente na grande maioria dos livros didáticos, transmite noções equivocadas ou ambíguas, criando obstáculos epistemológicos para a aprendizagem dos conceitos de acidez e basicidade, tal como observado em estudo com alunos do ensino superior. Este ponto de vista também é defendido por Campos e Silva (1999), quando enfatizam que as definições apresentadas misturam critérios comportamentais com critérios constitucionais, uma vez que o comportamento das espécies químicas é sempre relativo à outra espécie interagente. Além disso, apresentam as diferentes definições de Arrhenius, Bronsted, Lewis e Usanovich de forma desconectada, o que leva o estudante a concluir que “*a química é um amontoado de noções desarticuladas*” (Campos & Silva, 1999).

Tais críticas levaram a movimentos no sentido de modernizar o conteúdo dos livros didáticos de química do ensino médio, de modo que, tomando como amostra os livros analisados no âmbito do último Programa Nacional do Livro Didático – PNLD (Brasil, 2018), observa-se que o conteúdo de funções inorgânicas aparece ou permeando temas como chuva ácida, ou não aparece explicitamente como tópico isolado nesses livros.

Entretanto, as substâncias inorgânicas estão presentes em nossas vidas de forma abundante. Os ácidos presentes no nosso corpo, o gás liberado dos nossos pulmões, os efeitos causados pela queima de combustíveis fósseis, as reações que envolvem o acionamento de um extintor de incêndio, a utilização de antiácidos contra a azia ou da soda cáustica para desentupir pias, entre tantos outros exemplos, nos levam à reflexão sobre a importância de relacionar tais substâncias aos fenômenos onde ocorrem e a abordagem do comportamento das mesmas durante as reações químicas, como forma de promover a compreensão das relações CTSA e o letramento científico. Aqui cabe ressaltar que, na elaboração de nossa SD, nos preocupamos em abordar os conteúdos dentro de um contexto ambiental e social, numa perspectiva de letramento científico que visa não somente proporcionar a compreensão de conceitos-chave, permitindo ao estudante a aplicação dos mesmos em seu dia a dia, mas também visa o entendimento das relações CTSA, no sentido de que as aplicações dos saberes construído pelas ciências, que ora fornecem a solução de um problema (no caso da problemática tratada em nossa SD, a produção industrial de bens de consumo), podem desencadear o aparecimento de outro problema associado (aumento nos níveis de CO₂ e conseqüente acidificação dos oceanos), tal como descrito nos eixos estruturantes da alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2011).

Inseridos no contexto atual de emergência planetária, na qual vários são os efeitos ambientais causados pela ação do homem (Vilches, Gil-Pérez, Edwards-Schachter, Praia, & Vasconcelos, 2004), observa-se que é de suma relevância a inserção de enfoque CTSA na Educação Química. Acreditamos que a abordagem deste conteúdo no contexto da acidificação dos oceanos pode ser uma maneira de tratar dos aspectos implicados no ensino dos conceitos relativos à acidez e basicidade, de maneira que os estudantes possam não somente conhecer as substâncias químicas presentes em seu cotidiano, mas perceber a dinâmica do comportamento das mesmas frente a outras e em diferentes meios. Além disso, pode facilitar a apropriação da Ciência como um empreendimento humano e social, em constante evolução, cujos conhecimentos conceituais são sistematizados nas diferentes leis, teorias e modelos, e aplicados na organização social, no desenvolvimento tecnológico e nas questões ambientais (Brasil, 2018).

Metodologia

O presente trabalho apresenta a análise da aplicação de uma sequência didática (SD) no contexto escolar sobre o tema acidificação dos oceanos, visando à aprendizagem de conceitos relativos à química inorgânica. Entende-se aqui a sequência didática definida por Zabala (1998) como *“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos”*. O trabalho foi desenvolvido em uma turma do primeiro ano do ensino médio em uma escola pública da cidade de João Pessoa-PB, totalizando seis aulas, no turno da tarde. Participaram da pesquisa 31 estudantes com idades entre 15 e 17 anos.

A estrutura da sequência didática foi baseada nos momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012), que são compostos pelas seguintes etapas: i) **problematização inicial**, quando o tema é introduzido e é possível observar os conhecimentos prévios dos alunos; ii) **organização do conhecimento**, quando são sistematizados os tópicos importantes para que os alunos compreendam o tema; iii) **aplicação do conhecimento**, quando o aluno irá demonstrar que está apto a utilizar o conhecimento trabalhado nas etapas anteriores. A escolha desta metodologia está ancorada na possibilidade de se implementar na educação básica, uma perspectiva crítico-transformadora, incorporando nesta presente investigação o conteúdo de CTS ao conteúdo programático (Santos & Mortimer, 2000; Aikenhead, 1994; Freitas & Queirós, 2020).

A sequência didática desenvolvida está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Etapas detalhadas da sequência didática.

Acidificação dos oceanos		
Etapas da sequência	Aulas	Atividades
1) Questionário inicial e Problematização	Aula 1	<ul style="list-style-type: none">● Aplicação do questionário inicial;● Leitura do texto junto com os alunos e debate.
	Aula 2	<ul style="list-style-type: none">● Aula expositiva: conceito de óxidos partindo do tema acidificação dos oceanos.
2) Organização do Conhecimento	Aula 3	<ul style="list-style-type: none">● Três experimentos;● Debate sobre os experimentos.
	Aula 4	<ul style="list-style-type: none">● Revisão sobre compostos inorgânicos.
3) Aplicação do Conhecimento	Aula 5	<ul style="list-style-type: none">● Aplicação do caça palavras e exercícios.
	Aula 6	<ul style="list-style-type: none">● Questionário final.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na primeira etapa, foi aplicado como instrumento de coleta de dados um questionário inicial com o objetivo de realizar uma avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema da acidificação dos oceanos e os conceitos químicos envolvidos. Além disso, foi elaborado um texto para leitura conjunta em sala de aula, baseado em informações sobre o processo de acidificação dos oceanos e em informações locais sobre o litoral de João Pessoa e a comunidade da praia da Penha, onde existe um projeto envolvendo a reciclagem de conchas para confecção de bijuterias e roupas.

Na etapa de organização do conhecimento, foi trabalhado o tema da acidificação dos oceanos e o conceito de óxidos em aula expositiva. Posteriormente, ocorreu a aplicação de três experimentos demonstrativos-investigativos, com aplicação de questionários e debate sobre os fenômenos observados. Ao final desta etapa, foi feita uma revisão do conteúdo de ácidos, bases, sais e óxidos.

A etapa de aplicação do conhecimento contou com uma atividade lúdica, na forma de um caça-palavras, bem como com a resolução de um questionário visando a avaliar a capacidade dos alunos em utilizar o conhecimento estudado na sequência didática.

Resultados e Discussão

Problematização Inicial

O questionário prévio continha dez questões. Nas respostas à primeira questão, que perguntava “Por que vem se falando tanto em efeito estufa e aquecimento global nos últimos anos?”, foi possível observar que a grande maioria dos estudantes entende o aquecimento global e o efeito estufa como impactos das agressões causadas pelos seres humanos ao meio ambiente, como exemplificado pelos trechos “Porque, cada vez mais o ambiente está sendo acabado pelo **ser humano**” (Estudante 1), ou “(...) **os humanos** estão destruindo coisas importantes para fazer coisas melhores e, além disso, sendo capazes de jogar lixo em qualquer lugar” (Estudante 2), e ainda, “(...) **o ser humano** vem utilizando muitas fábricas para produzirem coisas e toda a fumaça vem atrapalhando o efeito estufa, prejudicando tudo” (Estudante 3).

A pergunta dois questionava se os estudantes, quando vão à praia, jogam lixo na areia ou no mar. Com exceção de dois alunos que responderam que “sim”, todos os outros vinte e nove responderam que não jogam lixo na praia. Quando questionados sobre fontes de poluição que agridem o ambiente marinho (questão 3), as respostas foram bem divididas. A maioria relacionou a poluição marinha aos plásticos, enquanto os demais citaram esgotos, lixo e petróleo ou óleo. As respostas foram agrupadas na Tabela 2.

Tabela 2: Categorias mais citadas em relação à pergunta “que tipos de poluição agridem o ambiente marinho?”.

Respostas	Nº de alunos
Lixo	7
Petróleo/óleo	6
Esgoto	8
Plásticos	12
Sacola, garrafa, lata ou vidro	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao serem questionados sobre quais substâncias são emitidas na atmosfera, causando poluição (questão 4), a grande maioria respondeu que não sabia. Os que responderam “sim”, citaram o CO₂ e metano.

A questão cinco foi aberta para eles relatarem quais os principais danos causados pela poluição. A grande maioria citou a morte dos animais e desmatamento, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3: Categorias mais citadas na pergunta “Quais os principais danos causados pela poluição?”.

Respostas	Nº de alunos
Desmatamento	5
Morte de animais	10
Contaminação de rios e mares	4
Queimadas	4
Danos a respiração humana	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Quando questionados se já presenciaram ou se conhecem alguém que presenciou esgoto sendo despejado no mar (questão 6), dezesseis alunos responderam “não” e quinze responderam que “sim”.

A questão sete consistia em saber que substâncias vinham à mente dos alunos ao pensar em mar. Metade da turma não respondeu essa pergunta, a grande maioria relatou que não lembrava. Os alunos que responderam, mencionaram água e sal.

A questão oito tratava de averiguar se os alunos sabiam quais substâncias estavam presentes nas conchas dos mares. Apenas quatro alunos responderam que “sim” e as respostas dadas foram bicarbonato de cálcio, cloreto de sódio e sal. Sobre a importância das conchas e corais para vida marinha, perguntada na questão 9, apenas quatro alunos responderam que sabiam desta importância, mencionando que serviam de moradias para os peixes, ajudavam a limpar o mar e geravam oxigênio.

A questão dez consistia em saber dos alunos se a morte dos animais marinhos com o aumento da poluição traria danos à população. Todos responderam que sim.

Após responderem os questionários, foi distribuído aos alunos o texto intitulado “**Acidificação dos oceanos, um grave risco à vida marinha e à sociedade**” (Quadro 1). O objetivo do texto era instigar os alunos sobre a preocupação com a poluição e a acidificação dos mares.

Quadro 1: Texto sobre a acidificação dos oceanos.

Acidificação dos oceanos, um grave risco à vida marinha e à sociedade
<p>Sempre vemos na televisão ou na internet a seguinte notícia: “litoral da Paraíba tem praias impróprias para banho”. Os esgotos despejados contêm uma grande quantidade de bactérias nocivas, além do fato da nossa cidade estar crescendo bastante e a orla estar sendo cada vez mais frequentada por turistas e moradores, que por muitas vezes acabam não despejando o lixo como plásticos, vidros e papéis, adequadamente.</p> <p>Há também a poluição gerada pelos combustíveis dos veículos e pelas chaminés das pequenas empresas. Um dos principais impactos causados é a emissão do gás carbônico liberado, que reage com a água do mar, formando uma nova substância, diminuindo assim o pH da água. Essa diminuição não é perceptível momentaneamente, porém daqui há alguns anos esse aumento será considerável, podendo chegar à extinção de diversas espécies marinhas.</p> <p>Os moluscos, crustáceos e corais são os mais afetados, pois, seus esqueletos e carapaças são constituídos em grande parte por carbonato de cálcio. Quanto mais ácida a água do mar, mais íons de hidrogênio ácido estarão disponíveis para reagir com o carbonato de cálcio, que por sua vez, acaba dando origem a outros produtos, como o bicarbonato de cálcio, que é solúvel em água, formando também, mais ácido carbônico, tornando-se um ciclo. Esses animais são de extrema importância para o equilíbrio químico que ocorre nos mares, pois em condições normais a água do mar é alcalina. Com a acidificação da água do mar, corais, conchas, ostras, e outros animais vão perdendo o brilho da sua carcaça, que se tornam quebradiças, até o ponto de morrerem.</p> <p>No litoral paraibano, existem várias comunidades que dependem da pesca e do turismo, como a visitação dos corais de Areia Vermelha, que movimenta bastante a economia local. Além do artesanato feito a partir das carapaças dos moluscos encontradas na areia da praia. Um grupo de mulheres, residentes na comunidade da Praia da Penha, localizada no litoral de João Pessoa, utilizam as conchas como matéria prima para produzir vestidos, colares e brincos. Esse grupo já ganhou diversos prêmios locais e nacionais de artesanato e até produzem eventos como o “Sereia Black”.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A leitura do texto foi feita juntamente com os alunos, debatendo sobre a causa da acidificação dos oceanos. Muitos dos alunos ao lerem o texto se mostraram surpresos com esse tema e afirmaram que não sabiam que estava acontecendo isso nos oceanos. A estudante 5 afirmou “*Não sabia que as conchinhas faziam tanto bem para os mares, sempre achei elas lindas, mas não sabia dessa importância*”. A grande maioria se mostrou preocupada com o aumento da poluição, agravada pela acidificação dos oceanos.

Durante toda a leitura do texto, os alunos se mostraram bastante atentos ao conteúdo do texto e permaneceram acompanhando a leitura do começo ao fim. Ao final da atividade, foram questionados sobre qual a relação do texto com a química e muitos deles falaram que era por causa do ácido e da substância que tinha nas conchas.

Organização do conhecimento

A segunda etapa consistiu em duas aulas de 45 minutos cada, onde foi abordado o conteúdo de óxidos por meio de aula expositiva dialogada, partindo dos questionamentos dos alunos evocados na aula anterior sobre a composição química das conchas. Na aula seguinte foram realizados três experimentos demonstrativos-investigativos, para abordar o conhecimento dos alunos acerca das funções inorgânicas e reações de neutralização.

A aula expositiva dialogada sobre óxidos abordou os conteúdos: definição, nomenclatura e classificação dos óxidos. O objetivo dessa aula foi iniciar o conteúdo de óxidos, partindo da importância das conchas para o ciclo dos mares, bem como exemplificando a presença de óxidos no dia a dia, como o SiO_2 presente nos vidros e o CaO presente na cal virgem, além do CO_2 um dos gases responsáveis pelo aquecimento global.

Na aula seguinte foram realizados três experimentos. Os alunos se dividiram em dez grupos para fazer anotações ao longo dos experimentos e responder algumas perguntas que foram distribuídas, como apresentado no Quadro 2. As substâncias utilizadas foram reveladas somente após os alunos responderem os questionários.

Quadro 2: Perguntas a serem respondidas com os experimentos.

Experimentos e perguntas
<p>Experimento 1 <i>Coloração inicial: _____ Coloração final: _____</i> <i>Que substância estava presente no frasco?</i> <i>Que substância foi adicionada ao frasco, ao soprar?</i> <i>Que reação ocorreu? Que produto foi formado?</i></p>
<p>Experimento 2 <i>Que substância foi adicionada ao frasco contendo as conchas e corais?</i> <i>O que aconteceu ao adicionar o líquido nas conchas e que reação ocorreu? Dica: lembre-se da substância que está presente nas conchas e corais.</i></p>
<p>Experimento 3 <i>Que substância líquida foi adicionada ao frasco?</i> <i>Que substância sólida foi adicionada dentro do balão?</i> <i>O que aconteceu ao adicionar o conteúdo do balão no frasco? Explique detalhadamente.</i></p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O experimento 1 consistiu em soprar com um canudo um Erlenmeyer contendo uma solução saturada de 50 mL de hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 com concentração de 0,02 mol/L e duas gotas de uma solução alcoólica de fenolftaleína 1% m/v (essa informação não foi dada aos alunos). A coloração inicial era rosa e os alunos deveriam observar o que acontecia após soprar essa solução. Todos os alunos ficaram bem surpresos ao observar que após soprar, a solução ficou com uma coloração rosa. Ao serem questionados sobre a substância que estava presente no frasco, oito grupos responderam que dentro do frasco continha uma substância de caráter básico. Apenas três grupos responderam o que aconteceu para a solução mudar de cor, indicando que o CO_2 era liberado ao soprar, deixando a solução ácida.

O experimento 2 consistiu em adicionar algumas gotas de uma solução de HCl de 0,01 mol/L (essa informação não foi dada aos alunos) em um béquer contendo conchas. Ao serem questionados sobre do que se tratava o líquido adicionado sobre as conchas e que reação estava acontecendo, a grande maioria dos grupos respondeu que o líquido adicionado era um ácido e que ao reagir com a substância da concha liberava CO_2 , por isso ouviram um barulho de gás. Um

dos grupos relacionou a liberação do CO₂ do experimento com o gás que é liberado ao abrir o refrigerante.

O experimento 3 consistiu em adicionar uma solução de HCl de 0,01 mol/L em 10 mL de H₂O em um Erlenmeyer e 2 gramas de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) dentro de um balão preso no Erlenmeyer, onde, em seguida o conteúdo do balão foi adicionado ao Erlenmeyer. Não foi informado aos alunos o que havia no Erlenmeyer e no balão. Ao serem questionados sobre qual líquido estava contido no frasco e qual sólido no balão, todos os grupos responderam que continha uma solução ácida no frasco e uma base dentro do balão que, ao reagir, liberou o CO₂ fazendo o balão encher. Na tabela 4 estão sumarizadas as respostas dos grupos que melhor explicitaram o observado no experimento.

Tabela 4: Respostas dos grupos sobre “O que acontece ao misturar o líquido do frasco com o sólido do balão?”.

Respostas	Grupos
<i>“O bicarbonato de sódio se misturou com o ácido e criou o gás carbônico que fez o balão encher”.</i>	G1
<i>“Ao adicionar o bicarbonato junto com o ácido reagiram formando o gás”.</i>	G2
<i>“Virou um gás, quando ocorreu a mistura de ácido e bicarbonato de sódio”.</i>	G3
<i>“Liberou o gás. $H_3O + NaHCO_3 \rightarrow CO_2$”.</i>	G4

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Merece destaque o grupo 4, que expressa seus resultados usando a linguagem simbólica, mesmo a resposta estando incompleta. Enquanto a maioria relata aspectos macroscópicos (formação de gás), esse expressou a reação química. Eles ficaram bastante eufóricos, questionando bastante, debateram entre si e de forma geral todos chegaram às mesmas conclusões de cada um dos experimentos. Ao final dos experimentos, pediram para levar mais experimentos na próxima aula, pois, foi a primeira vez que tiveram contato com experimentos.

A sequência didática teve continuidade com uma aula teórica de explicação sobre os experimentos realizados, ressaltando as substâncias inorgânicas e nomenclaturas, discutindo-se seu caráter ácido ou básico, uma vez que foi observado que os estudantes ainda tinham dúvidas sobre as diferenças entre ácidos, bases, sais e óxidos. Também foram resolvidos alguns exercícios.

Aplicação do Conhecimento

Como atividade lúdico-pedagógica, os alunos foram divididos em duplas para resolver um caça-palavras (Figura 2) que continha dez dicas das palavras a serem encontradas, para avaliar se os alunos conseguiam achar a palavra relacionada com a dica. Desta forma, a cada palavra que achavam tinham que circular e colocar o número da dica ao lado.

Figura 2: Caça-palavras utilizado

A	C	L	O	R	I	T	R	I	A	R	I	C	O	A	C	I	D	B
D	A	S	E	O	X	I	D	C	O	N	C	H	S	O	D	E	O	I
A	E	R	T	I	U	I	A	O	X	I	D	O	W	Q	E	R	T	C
A	C	D	E	S	L	O	E	M	A	R	T	U	I	D	I	C	A	A
C	L	E	S	U	L	U	P	O	I	I	E	A	A	X	B	Q	M	R
I	O	E	I	C	A	R	B	O	N	I	C	O	C	S	A	B	O	B
P	R	E	W	I	O	Q	E	R	R	P	N	D	E	I	I	Ç	A	O
O	E	X	R	S	S	N	O	O	D	E	I	A	H	O	D	C	I	N
X	T	Z	N	E	A	P	E	O	N	P	A	B	A	S	E	O	H	A
E	O	L	Ç	A	O	L	Ç	U	M	L	H	T	I	O	U	N	H	T
I	D	D	A	C	L	O	R	E	T	O	D	E	C	A	L	C	I	O
D	E	R	B	I	C	A	S	H	I	R	W	A	C	O	C	E	J	D
O	S	B	S	E	D	E	C	O	I	H	A	S	H	K	K	I	H	E
C	O	O	X	I	O	N	E	R	R	N	O	L	C	I	O	X	U	S
A	D	H	I	D	R	O	N	I	O	H	S	O	I	A	U	N	O	O
L	I	X	X	X	X	X	X	L	S	O	L	C	H	Z	I	E	R	D
S	O	L	O	R	E	W	A	R	S	E	L	I	N	H	A	O	S	I
O	X	C	O	N	G	R	C	O	N	C	H	D	I	O	J	Ç	J	O
E	B	A	N	U	D	O	C	L	O	R	I	D	R	I	C	O	A	L
G	Z	F	E	G	R	T	I	U	F	R	E	R	O	A	C	I	S	O
H	C	H	O	X	I	D	O	D	E	C	A	L	C	I	O	T	I	E

Fonte: Os autores (2022).

De forma geral, a grande maioria dos alunos conseguiu encontrar as palavras de acordo com as dicas. Outros, por sua vez, encontraram primeiro as palavras e depois relacionaram com as dicas. Eles discutiram bastante sobre as dicas, entretanto, sempre perguntando para ter certeza das respostas. Foi possível observar que alguns alunos sabiam as respostas, mas ainda estavam bastante inseguros. No entanto, demonstraram satisfação com a atividade, por fugir do padrão rígido de provas, de forma descontraída e divertida. Acreditamos que esta atividade tenha sido importante por mobilizar aspectos cognitivos e afetivos que são resgatados durante o momento lúdico, reforçando o que se descreve na literatura, tal como em Fialho (2007), no sentido de que a exploração do aspecto lúdico pode se tornar uma técnica facilitadora na elaboração de conceitos, no reforço de conteúdos, na sociabilidade entre os alunos, na criatividade e no espírito de competição saudável e cooperação.

Com relação ao questionário final, que continha onze questões abertas e fechadas, vinte e três alunos participaram desta atividade. A primeira questão consistia em saber se era importante para eles relacionar a química com o dia a dia. Apenas dois estudantes responderam que não, todos os outros responderam de forma positiva em relação à contextualização dos conteúdos vistos em sala de aula. A segunda questão tratava de saber se eles consideram importante realizar palestras, exposições e visitas com o intuito de conscientizar a população sobre a poluição. Todos os estudantes responderam que sim.

As respostas à questão três demonstraram que dezoito dos alunos mudaram seu pensamento em relação à poluição marinha após as aulas. Apenas cinco responderam que não mudaram suas visões acerca da temática. Na questão quatro, todos os estudantes afirmaram que achavam importante ter projetos e palestras na escola para conscientizar a comunidade escolar sobre a poluição. Semelhante ao relatado por Erickson & Crews (2019), a presente temática despertou nos alunos uma maior reflexão sobre possíveis ações a serem tomadas com a finalidade de mudar a situação da acidificação dos oceanos.

Observou-se que a abordagem de temas sociais com problemáticas locais incentivou os estudantes a ação social e uma tomada de decisão crítica (Santos & Mortimer, 2000). Alguns participantes da SD relataram em sala de aula acerca dos possíveis impactos da acidificação dos oceanos na vida econômica da comunidade residente na praia da Penha e que vive da fabricação de bijuterias e roupas, usando como matéria-prima conchas. Outros se colocaram à disposição para a realização de campanhas educativas junto aos banhistas com objetivo de não poluir a praia, demonstrando que, mesmo sendo uma proposta de SD que somente incorpora intencionalmente conteúdos CTSA (Aikenhead, 1994), o estudante apresenta uma postura

muito mais ativa e crítica quando confrontado com o problema a ele apresentado. É observado que papel de formação para a ciência possibilitando entendimentos amplos da realidade social e natural é atingido, proporcionando o desenvolvimento de sensibilidade crítica nos alunos, principalmente em relação à natureza social da ciência e tecnologia, assim como dos impactos ambientais e sociais (Nascimento & von Linsingen (2006); Von Linsingen, 2015).

A questão cinco consistia em saber qual a relação da química com a acidificação do mar. A grande maioria relacionou a liberação de gás carbônico com ocorrência de reação ácido-base no ambiente marinho, enquanto outros relacionaram com a poluição, como exemplificado na Tabela 5.

Tabela 5: Principais respostas sobre a pergunta “Qual a relação da química com a acidificação do mar?”.

Respostas	Estudantes
<i>A relação é que por causa das substâncias químicas que são produzidas pelos humanos através das fabricas, carros, etc., acabam acidificando o mar e outras coisas.</i>	E6
<i>Na química aprendemos como acontece o processo de acidificação.</i>	E7
<i>A emissão do gás carbônico liberado da queima dos combustíveis dos veículos e fornos a lenha de pequenas indústrias. Esse gás reage com água do mar, formando uma nova substância que diminui o pH da água.</i>	E8
<i>O gás carbônico entra em contato com algumas substâncias presentes no mar deixando o pH da água mais ácido.</i>	E9
<i>Que quanto mais ácida a água do mar mais hidrogênios irá reagir com o carbonato de cálcio das conchas.</i>	E10
<i>A poluição, as pessoas deveriam se conscientizar em não jogar lixo nas praias, rios, ruas, etc. Tudo isso prejudica os animais marinhos. Tudo é questão de pensar e a analisar a situação.</i>	E11

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A questão seis procurava analisar como os alunos classificavam as aulas ministradas, com as opções: ótimo, bom, regular, ruim. Dezenove alunos responderam que as aulas foram ótimas e quatro que as aulas foram boas.

A questão sete buscava avaliar qual o nível de dificuldade do conteúdo estudado na visão dos estudantes. Dez estudantes responderam que o conteúdo estudado era fácil, onze que o conteúdo era regular e dois estudantes que o conteúdo era difícil. No mesmo sentido, a questão oito procurava avaliar se as aulas ministradas ajudaram no entendimento do conteúdo abordado. Todos os 23 estudantes responderam positivamente. Desta forma, foi possível observar que o uso da abordagem CTSA juntamente com experimentação e caça palavras, facilitou o entendimento do conteúdo para os estudantes. Vale salientar que, em nossa proposta de SD, os efeitos da ciência sobre o desenvolvimento tecnológico e sobre o ambiente foram abordados, especialmente no momento da problematização inicial, de modo a permitir que o estudante percebesse que o desenvolvimento científico e tecnológico não possui uma relação linear com o bem-estar social e com a preservação ambiental (Nascimento & von Linsingen, 2006).

Com relação à abordagem experimental, notou-se grande aceitação por parte de todos os estudantes, que responderam que o uso de experimentos facilitou na compreensão do conteúdo estudado. Já a questão dez buscou saber se eles acham importante o uso de experimentos no ensino de química. Apenas um estudante afirmou que não achou importante

o uso de experimentos. Outros estudantes destacaram o aspecto lúdico dos experimentos: “*Sim, é importante para ter mais compreensão e deixa a aula mais divertida*” (E12), e “*Sim, o uso de experimentos deixou as aulas mais interessantes e mais legal do que só passar a aula toda copiando*” (E1).

Em relação às atividades experimentais realizadas durante a realização da SD, pode-se observar maior interesse e envolvimento por parte da turma, além do fato de que observar o que acontece na prática facilita o entendimento do conteúdo, conforme se observa na Tabela 6.

Tabela 6: Principais categorias citadas como resposta à pergunta “o uso de experimentos facilitou na compreensão dos estudantes em relação ao conteúdo estudado?”.

Respostas	Nº Estudantes
Mais fácil aprender	9
Aumenta o interesse pela química	4
Aula fica mais legal e divertida	6
O fato de “ver” ajuda mais a compreender	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O desenvolvimento de atividades experimentais pode ser motivador para os estudantes, de acordo com a mediação do professor. As atividades experimentais tornam a aula mais interessante, por representarem uma proposta diferenciada da aula expositiva e tradicional e podem simular situações reais que envolvem os conceitos trabalhados. A fala dos estudantes confirma o que vem sendo discutido na literatura, ou seja, por meio do uso de experimentos, pode-se gerar evoluções conceituais e contribuir na promoção de uma participação ativa do aluno nas atividades didáticas, aumentando a motivação para a aprendizagem (Júnior, Ferreira, & Hartwig, 2008).

A questão onze (Tabela 7) consistiu em avaliar qual a opinião dos estudantes sobre as aulas ministradas. Todos os alunos gostaram das aulas, a grande maioria afirmou que as aulas foram legais, boas ou ótimas. Outro grupo de estudantes afirmou que as aulas foram boas, pois, ajudou a conscientizar sobre a poluição. Citando E16: “*Foi boa demais, eu aprendi a não jogar lixo nos mares, deveria ter mais aulas assim*”.

Tabela 7: Avaliação dos alunos sobre as aulas ministradas.

Respostas	Nº Estudantes
Legal/ boa/ ótima	17
Os experimentos facilitaram a entender	6
Conscientizar sobre a poluição	4
Ajudaram a gostar e entender mais de química	4
Facilitou o aprendizado do conteúdo	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Alguns alunos mencionaram que o uso dos experimentos facilitou na compreensão e para alguns foi a primeira oportunidade de ver um experimento. Algumas respostas: E17: “*As aulas foram bastante legais, pois tive a oportunidade de ver experimentos*”; E18: “*As aulas foram boas, bem diversificadas, gostei mais da aula prática*”; E19: “*Muito legal, aprendi muita coisa e gostei muito de ver algo prático como os experimentos*”.

Outro grupo de alunos respondeu que as aulas ajudaram a gostar e entender mais a química, além de facilitar o aprendizado sobre o conteúdo estudado. E14 – “*Foi legal, a professora explicou de uma forma mais fácil e divertida*”. Acredita-se que através de uma sequência

didática, promova-se um conflito cognitivo no aluno, levando-o à compreensão de um conteúdo de forma significativa. Por tratar-se de um conjunto de atividades, estratégias variadas e intervenções sob a mediação do professor, um tema pode ser aprofundado de forma crescente, favorecendo que todos cheguem a uma aprendizagem real, mas cada um ao seu tempo (Zabala, 1998).

Conclusão

A aplicação da sequência didática com enfoque CTSA apresentada possibilitou atingir os objetivos propostos neste estudo, especialmente no que se refere a um maior envolvimento dos estudantes com a aprendizagem por meio da contextualização dos conteúdos dentro da temática da acidificação dos oceanos. Foram obtidos resultados bastante satisfatórios, que demonstraram que os estudantes puderam debater e construir um raciocínio próprio relativo à questão ambiental abordada, mostrando uma grande sensibilização acerca da mesma. Foi possível observar uma motivação maior por parte dos estudantes, que participaram ativamente das aulas, não só como ouvintes, mas também como cidadãos, expondo suas experiências e opiniões. Com isso, os estudantes puderam olhar com outros olhos a poluição causada pelos seres humanos e os malefícios que esta causa ao ambiente marinho e à sociedade.

Ressaltamos a pertinência do tema da acidificação dos oceanos como uma questão ambiental relevante para ser trabalhada no contexto escolar, uma vez que é capaz de envolver o estudo de compostos inorgânicos, os conceitos relacionados a acidez e basicidade, e também às reações químicas. Tais tópicos dão margem ainda a um aprofundamento que permite a utilização desta sequência didática em aulas do ensino superior, aumentando-se o nível de complexidade e ampliando a gama de conceitos envolvidos que podem ser explorados, a exemplo do efeito tampão, do papel do solvente nas reações químicas, entre outros.

Acreditamos que seja papel dos educadores em Ciência trazer essa discussão para a sala de aula, especialmente em escolas que se situem em áreas com grande dependência econômica das atividades relacionadas ao uso dos recursos marinhos, como é o caso das cidades litorâneas. Desta forma, a contextualização de compostos e reações inorgânicas dentro da temática de acidificação dos oceanos, além de facilitar o ensino-aprendizagem, traz conhecimento e conscientização sobre este tema ainda pouco explorado, que é de grande relevância para a convivência sustentável com os recursos marinhos e para o meio ambiente como um todo.

Referências

- Aikenhead, Glen S. (1994). What is STS science teaching? In Solomon, J., Aikenhead, G. *STS education: international perspective on reform*. New York: Teachers College Press, 47-59.
- Auler, Décio & Delizoicov, Demétrio (2006). Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 337-355.
- Bradassi, Fulvia, Cumani, Francisco, & Bressan, Guido (2010). Research tools for teaching a scientific path for 14 year-olds to understand marine acidification ocean acidification: bring research into classrooms. In 39th Rapport Commission Internationale de la mer Méditerranée, 39, 723.
- Brasil. Ministério da Educação (MEC), Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). *Guia de livros didáticos PNLD 2018*. Brasília: MEC/PNLD, 2018. Recuperado de <https://www.fnde.gov.br/pnld-2018>. Acesso em: 05 out. 2021.

Brasil. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018. Recuperado de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 19 mar. 2022.

Bybee, Rodger W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, 71, 667-683.

Campos, Reinaldo C., & Silva, Reinaldo C. (1999). Funções da química inorgânica... funcionam? *Química Nova na Escola*, 6, 18-22.

Delizoicov, Demétrio, Angotti, José A., & Pernambuco, Marta M. C. A. (2011). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos* (4a ed.). São Paulo: Cortez.

Erickson, Brian, & Crews, Tracy. (2019.) From dissolution to solution: new approaches to teaching ocean acidification. *The Science Teacher*, 86(5), 56-63. Retrieved from <https://ir.library.oregonstate.edu/concern/articles/q811kr24k>.

Fialho, Neusa N. (2007). *Jogos no Ensino de Química e Biologia*. Curitiba: IBPEX.

Freire, Paulo (2002). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.

Freitas, Wélica P. S., & Queirós, Wellington P. (2020). A abordagem CTS e a teoria crítica de Henry Giroux: caminhos para uma educação em ciências crítico-transformadora. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, 13(3), 126-149. doi: [10.3895/rbect.v13n3.10098](https://doi.org/10.3895/rbect.v13n3.10098)

Hatje, Vanessa, Costa, Mônica F., & Cunha, Letícia C. (2013). Oceanografia e química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. *Química Nova*, 36(10), 1497-1508. doi: [10.1590/S0100-40422013001000004](https://doi.org/10.1590/S0100-40422013001000004)

Intergovernmental Panel on Climate Change (in press). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (2019). Recuperado de <https://www.ipcc.ch/srocc>. Acesso em: 05 out. 2021.

Júnior, Wilmo E. F., Ferreira, Luiz H., & Hartwig, Dácio R. (2008). Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. *Química Nova na Escola*, 30, 34-41.

Kato, Danilo S., & Kawasaki, Clarice. S. (2011). As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 17(1), 35-50.

Lopes, Alice. C. (2002). Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. *Educação & Sociedade*, 23(80), 386-400.

Marcondes, Maria E. R., Carmo, Miriam P., Suart, Rita C., Silva, Erivanildo L., Souza, Fábio L., Santos Jr, João B., & Akahoshi, Luciane H. (2009). Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 281-298. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/359>.

Monthly Average Mauna Loa CO₂. (2021). Global Monitoring Laboratory. In: National Oceanic & Atmospheric Administration. Boulder: NOAA, 2021. Recuperado de <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>. Acesso em: 12 out. 2021.

Nascimento, Tatiana G. & von Linsingen, Irlan (2006). Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. *Convergencia*, 42, 95-116.

Oka, Talissa N., Neiverth, Alessandro V., Kerkhoff, Camila F., Comparin, Eliane D. R. A., & Machado, Guilherme S. (2019). Experimentação em química como metodologia de ensino para a compreensão da acidificação dos oceanos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(2), 292-298.

Ramsey, John M. (1993). The science education reform movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77, 235-258.

Santos, Wildson L. P. (2007). Contextualização no Ensino de Ciências por meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica. *Ciência e Ensino*, 1, número especial.

Santos, Wildson L. P., & Mortimer, Eduardo F. (2000). Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: pesquisa em educação em Ciências*, 2(2), 1-23. doi: [10.1590/1983-21172000020202](https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202)

Santos, Wildson L. P., & Mortimer, Eduardo F. (2001). Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, 7(1), 95-111.

Sasseron, Lúcia H. & Carvalho, Anna M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.

Silva, Carlos A. R., Senez, Taise M., Da Fonseca, Estefan M., Ribeiro, Humberto M., Neto, José A. B., & Damasceno, Raimundo (2017). Acidificação dos oceanos em um sopro: prática educacional para construção de conhecimento das mudanças globais. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(8), 49-65.

Silva, Leonardo A., Larentis, Ariane L., Caldas, Lúcio A., Ribeiro, Manuel G. L., Almeida, Rodrigo V., & Herbst, Marcelo H. (2014). Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de química geral e inorgânica no ensino superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “funções inorgânicas”. *Química Nova na Escola*, 36(4), 261-268. doi: [10.5935/0104-8899.20140031](https://doi.org/10.5935/0104-8899.20140031)

Thompson, Cara K., Schnetzer, Astrid, & Kinzel, Michelle (2018). Student-centered teaching demonstration for ocean acidification. In GSA Annual Meeting in Indianapolis, Indiana. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/329436079_STUDENT-CENTERED_TEACHING_DEMONSTRATION_FOR_OCEAN_ACIDIFICATION. doi: [10.1130/abs/2018AM-324085](https://doi.org/10.1130/abs/2018AM-324085)

UNESCO (2011). *A Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability*. Paris: IOC/UNESCO. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/pt/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20-ocean/10-proposals-for-the-ocean/>. Acesso em: 12 out. 2021.

United Nations (2020). The sustainable development goals report 2020. New York: United Nations Publications. Recuperado de <https://sdgs.un.org/goals/goal14>. Acesso em: 16 out. 2021.

Vilches, Amparo, Gil-Pérez, Daniel, Edwards-Schachter, Mónica, Praia, João, & Vasconcelos, Clara. (2004). A actual crise planetária: uma dimensão esquecida na educação em Ciências. *Revista de Educação*, 12(2), 59-73.

Von Linsingen, Irlan. (2015). Perspectivas curriculares CTS para o ensino de engenharia: uma proposta de formação universitária. *Linhas Críticas*, 21(45), 297-317. doi: [10.26512/lc.v21i45.4536](https://doi.org/10.26512/lc.v21i45.4536).

Widdicombe, Steve, & Needham, Hazel R. (2007). Impact of CO₂-induced seawater acidification on the burrowing activity of *Nereis virens* and sediment nutrient flux. *Marine Ecology Progress Series*, 341, 111-122. doi: [10.3354/meps341111](https://doi.org/10.3354/meps341111)

Xue, Liang, Cai, Wei-Jun, Jiang, Li-Qing, & Wei, Qinsheng (2021). Why are surface ocean pH and CaCO₃ saturation state often out of phase in spatial patterns and seasonal cycles? *Global Biogeochemical Cycles*, 35(7), 1-16. doi: [10.1029/2021GB006949](https://doi.org/10.1029/2021GB006949)

Zabala, Antoni. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.